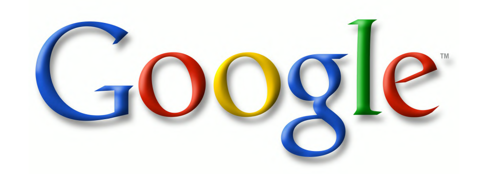
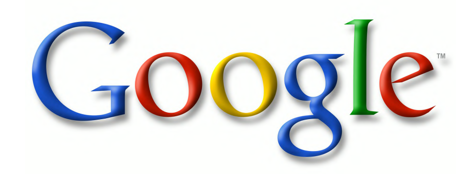
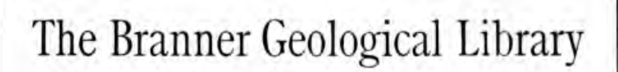




José G. Aguilera

Sobre las condiciones tectónicas de la República Mexicana.

México, 1901.





J C Bran

SOBRE

LAS

CONDICIONES TECTÓNICAS

DE LA REPÚBLICA MEXICANA

POR EL

INGENIERO DON JOSÉ G. AGUILERA

MÉXICO
OFICINA TIP. DE LA SECRETARÍA DE FOMENTO,
Calle de San Andrés número 15. (Avenida Oriente 51.)

1901

SOBRE

LAS

CONDICIONES TECTÓNICAS

DE LA REPÚBLICA MEXICANA

POR EL

INGENIERO DON JOSÉ G. AGUILERA

MÉXICO

OFICINA TIP. DE LA SECRETARÍA DE FOMENTO,

Calle de San Andrés número 15. (Avenida Oriente 51.)

—

1901

SOBRE

LAS

CONDICIONES TECTONICAS DE LA REPUBLICA MEXICANA.

POR EL

ING. D. JOSÉ G. AGUILERA

El objeto de este pequeño trabajo no es fijar de manera definitiva cuáles son la estructura y las condiciones tectónicas de la masa continental que forma nuestro territorio, es solamente el traer nuevos datos recogidos sobre el terreno para facilitar la exacta interpretación del fenómeno y alcanzar así la resolución del problema.

Los Sres. Johannes Felix y Hans Lenk han publicado en Zeitschr. der Deutch. geolog. Gesellschaft, Jahrg. XIII, 1892, pp. 303–323, taf. XIX y XX, un trabajo titulado: "Ueber die tektonischen Verhaltnisse der Republik Mexico," en el cual se asientan, en apoyo de la tesis por ellos sostenida, muchas ideas que en nuestro concepto no están de acuerdo con lo que prácticamente se ve sobre el terreno; se generaliza demasiado, partiendo de unos cuantos casos

concretos, y así se comprende que es muy fácil llegar á conclusiones erróneas.

Los puntos esenciales contenidos en ese trabajo son los siguientes:

1.—La meseta mexicana tiene al E. y al S. una pendiente rápida que la observación cuidadosa de las condiciones locales no deja duda de que deben ser consideradas estas pendientes abruptas como la expresión topográfica de dos líneas de fractura, que tienen la mayor importancia para la configuración de esta parte, la más meridional, de la América del Norte.

2.—La zona de fractura oriental se descubre por el borde de la mesa muy marcado y por las condiciones tectónicas intrincadas de las rocas sedimentarias que se muestran en sus pendientes. Siguiendo el rumbo N.W.-S.E. esta fractura se deja seguir por cerca de 1000 kilómetros, casi en línea recta; el golfo de México compone la región de hundimiento perteneciente á ella. Solamente al S., entre Tehuacán y Jalapa, el curso del borde de la mesa se desvía un poco sensiblemente del que le es propio, pero la inclinación de la vertiente es la misma que en las otras partes. Para ilustrar este punto presentan dos perfiles: uno de Palmar á Veracruz y otro de Vaquería por Saltillo y Monterrey á Carricitos, en Nuevo León.

3.—Mientras que la pendiente de la Mesa del lado del Atlántico representa el resultado de una fractura longitudinal tenemos en la del S. los efectos de una dislocación transversal. Esta fractura transversal atraviesa á México entre los paralelos 19 y 21 con rumbo

E.S.E.-W.N.W., habiéndose verificado á lo largo de ella una dislocación considerable entre los dos blocks que separa, habiendo bajado el block meridional como 1000 metros, quedando el septentrional en su nivel ó quizá movido un poco hacia arriba.

4.—La característica de la región meridional es poseer una cadena de montañas arcaica que recorre paralelamente á la costa del Pacífico, los Estados de Oaxaca, Guerrero, Michoacán y Colima, y que se llama con razón *cordillera de la costa.* Entre esta cordillera y la Mesa mexicana está situada una depresión profunda, un estrecho valle en forma de cuna que es recorrido por el río de las Balsas, llamado también Mescala, y cuya depresión representa la región de hundimiento perteneciente á la fractura transversal. Esta cordillera decrece en anchura y en altura hacia el W. y se continúa al N.W. formando el borde montañoso que recorre los Estados de Jalisco, Durango, Sinaloa, Chihuahua y Sonora, que acompaña á la Mesa mexicana de una manera análoga á la Sierra Nevada. Exploraciones posteriores demostrarán si al S.E. de Jalisco esta cordillera sufre una bifurcación y si una de las ramas sumergidas se continúa del Cabo Corrientes por las islas Tres Marías hasta la Península de la Baja California.

5.—La existencia de esta fractura transversal ha sido reconocida en principio por Humboldt, fundándose en la ordenación E.-W. de los volcanes principales, pero él la consideró solamente como una grieta de acción volcánica, sin atender á su participación en la formación del borde que limita al S. la Mesa mexicana.

Nosotros también, por nuestras observaciones, tenemos la convicción de la existencia de tal fractura transversal; mas no solamente por lo que respecta á los fenómenos de fracturamiento, sino también por lo que respecta á su curso, nuestras opiniones difieren esencialmente de las de Humboldt. Nosotros no creemos que la situación de los volcanes Pico de Orizaba, Popocatepetl, Nevado de Toluca, Jorullo, Colima, determinan el rumbo de la fractura como lo pensaba Humboldt y después de él otros exploradores, sino que aceptamos como la manifestación superficial de esta fractura el curso del borde meridional de la Mesa y la pendiente rápida que le pertenece.

6.—Una ojeada al bosquejo que acompaña este trabajo muestra la diferencia radical entre nuestras ideas y las de nuestros antecesores; y demuestra también que no ponemos en relación inmediata como cree Heilprin todos los volcanes con dicha fractura transversal. Heilprin en su artículo "The Geology and Paleontology of the Cretaceous deposits of Mexico," al hablar de nuestras ideas sobre la formación probable de la Mesa mexicana y la disposición de los volcanes en su borde meridional dice, después de mencionar el rumbo S.E. de las montañas de Tehuacán: "el hecho de que estas cordilleras pasen por tan largas "distancias más allá del verdadero borde de la Mesa "y conserven por todas partes un parelelismo gene-"ral de estructura, es para mí evidencia suficiente de "que la mesa no es el resultado de un levantamiento "á lo largo de una línea de falla (que corre de E. á "W. tal como lo han asentado Felix y Lenk), y la

" cual se hace coincidir por dichos autores con la grie-
" ta E.-W., sobre la cual los volcanes principales Pi-
" co de Orizaba, Popocateptl, Nevado de Toluca, Jo-
" rullo se supone se encuentran situados."

Pero nosotros decimos terminantemente en la introducción á la primera parte de nuestro "Beitr. zur Geol. und Paleont. der Republik Mexico," págs. 6 y 7, que además de los volcanes que se levantan sobre la fractura principal se deben distinguir otros que se hallan agrupados sobre fracturas secundarias, que se separan bajo ángulos que se aproximan al recto. Hemos reunido en un tercer grupo los volcanes situados al S. de esta fractura transversal, y por último, en un cuarto grupo reunimos las formaciones volcánicas irregularmente esparcidas sobre la Mesa.

La suposición de una fractura transversal forma el punto esencial en nuestra idea de la tectónica de la Meseta mexicana en su porción más meridional; y como el Sr. Heilprin parece inclinado á negar la existencia de una tal zona de dislocación, nos vamos á permitir mostrar detalladamente los fenómenos que han engendrado en nosotros tal idea: sobre todo la pendiente meridional abrupta de la Mesa que se deja seguir por cosa de 750 kilómetros, es un hecho que sólo podemos explicárnoslo por la suposición de una vasta dislocación; además las rocas sedimentarias tienen en general el rumbo E.-W. cuando no están ocultas debajo de masas eruptivas; dislocaciones considerables, capas paradas, á veces también plegamientos, fenómenos todos que indican la evidencia de que nos hallamos en presencia de una región que ha estado

sujeta á los grandes procedimientos orogénicos. Los cortes 3, 4 y 5 ilustran de manera conveniente la pendiente de la Mesa al S.

7.—Las condiciones al E. del Popocatepetl son diferentes; en vano se buscan allí el borde marcado de la Mesa y su pendiente abrupta, y el que sólo conozca esta región de México no tendrá indudablemente idea exacta de las condiciones tectónicas del Anáhuac, ni tampoco de la importancia y aun puede decirse de la existencia de esta gran fractura transversal. Esto depende de la circunstancia de que la Mesa Central mexicana está aquí todavía en íntima relación con un poderoso macizo montañoso, es decir, la cordillera de la costa, en su mayor parte arcaica, ensanchada aquí para formar el elevado terreno de Oaxaca; que, con otras palabras, la formación de la fractura transversal, cuya continuación se muestra por numerosas pequeñas aberturas volcánicas, no ha servido aquí para producir un movimiento vertical correspondiente á una dislocación como más al P. En la estructura orográfica de la parte septentrional de la montaña de Oaxaca se han determinado dislocaciones N.W.–S.E. (y no E.–.W), que es la dirección que tiene la fractura longitudinal del borde oriental del continente. Parece, pues, justificado relacionar las condiciones tectónicas del Norte de Oaxaca y Sur de Puebla con las causas de las dislocaciones que han producido la gran fractura del lado del Golfo.

La fractura transversal ha producido efectos muy violentos en los dos blocks separados por ella, á saber, una especie de despedazamiento, especialmente

en el block septentrional, motivado por la formación de numerosas grietas secundarias, que como la principal han servido para la salida de las masas volcánicas. Correspondiendo al curso del borde meridional de la Mesa, una zona de formaciones volcánicas, unas veces estrecha, otras ancha, recorre el país y separa las rocas sedimentarias de la Mesa de las del block hundido. La salida de masas eruptivas ha producido aquí un aumento perceptible en la altura del borde de la mesa, que hasta cierto punto hace el papel de línea divisoria de las aguas (véanse los cortes números 3, 4 y 5).

Esporádicamente distribuídas y disminuyendo con frecuencia hacia el N. se encuentran masas volcánicas en el interior de la mesa. La acción volcánica parece haberse limitado aquí á unas pocas erupciones; sus productos: conos numerosos, cúpulas, dan hoy día, junto con las cadenas de colinas de rocas sedimentarias, su aspecto característico á la Mesa Central mexicana. Chimeneas permanentes se han formado solamente sobre la grieta principal y en las secundarias, muy cerca de la principal. Descúbrese en las grietas secundarias una cierta regularidad, y es que en su mayor parte cortan á la principipal bajo un ángulo que se aproxima á un ángulo recto. Las masas volcánicas que se amontonaban sobre ellas, se internaban engargolándose como muros rocallosos poderosos en el Anáhuac, separando así la parte meridional de la Mesa en un número de valles, tales como los de México y Toluca.

Como la grieta principal, las grietas contiguas me-

ridionales originaron movimientos verticales aunque en menor escala; y es posible que las diferencias de nivel de alguna consideración entre los valles de Toluca, México y Puebla, sean debidas á movimientos verificados á lo largo de éstas, aunque no se puede dar la prueba estricta de esto por la falta completa de afloramientos de capas más antiguas, que se hallan cubiertas por depósitos terciarios y cuaternarios, pero la hipótesis es de una gran probabilidad.

Las grietas secundarias tienen una extensión menor que la de la principal, y mientras que ésta puede seguirse por más de 750 kilómetros, las secundarias sólo se extienden 100 á 150 kilómetros en el interior de la Mesa. Como fenómenos que están en relación con la importancia relativa de las grietas consideramos la diminución en las diferencias de nivel de los valles del Anáhuac hacia el N. y la diminución en altura de las sierras volcánicas que los separan; las dimensiones de las sierras están siempre en relación directa con la naturaleza de la grieta.

Se comprende fácilmente que la actividad volcánica ha sido más intensa en los puntos en que se cortan dos sistemas de grietas; en nuestro caso, los puntos en que las grietas secundarias que siguen al meridiano encuentran á la grieta principal ó ecuatorial. Tales puntos corresponden al Popocatepetl, el Ajusco, Nevado de Toluca. El Pico de Orizaba, que según las medidas más modernas es el volcán más alto de México, se levanta sobre una grieta secundaria, á una distancia bastante grande de la grieta principal.

En el lugar en donde estas dos líneas de disloca-

ción se encuentran, esto es, en la región de Tehuacán, no se halla indudablemente ningún volcán de importancia, ni sobre el terreno se observan irregularidades extraordinarias, á causa de la conexión de la Mesa Central con el terreno montañoso de Oaxaca. Pero el Pico de Orizaba y su vecino el Cofre de Perote pertenecen á una región que por el cruzamiento de una grieta secundaria paralela al meridiano con la gran fractura longitudinal del lado del Atlántico, muestra dislocaciones no menos considerables y parece predestinada en alto grado para la salida de masas volcánicas.

Como en la vertiente meridional, las rocas eruptivas forman aquí el borde de la Mesa, mientras que la vertiente abrupta del Golfo está compuesta de rocas sedimentarias diversamente plegadas y dobladas (véase perfil núm. 1). El hecho de que la vertiente oriental de la Mesa en esta región se desvía en un tramo de cerca de 120 kilómetros de su dirección N.W., puede servir de apoyo á la suposición de que esta fractura longitudinal se ha formado en lo general después de la formación de esta grieta secundaria y su rellenamiento por masas volcánicas. A causa de la dependencia de las grietas secundarias de la principal puede atribuirse á la fractura longitudinal una edad menor que á la fractura transversal.

Con datos recogidos en el terreno vamos á hacer algunas observaciones á las ideas de los Sres. Félix y Lenk, resumidas en los párrafos precedentes, y para mayor claridad en nuestra exposición seguiremos el mismo orden en que está hecho el extracto de su trabajo.

1.—La Mesa mexicana tiene una pendiente relativamente rápida al E., solamente entre los paralelos 19 y 23; después al N. lo mismo que al S. esta pendiente es bastante suave, especialmente en el tramo septentrional. Hacia el S. de la Mesa Central, la pendiente no solamente no es abrupta sino que cuesta trabajo reconocer la existencia de tal vertiente. Un individuo que recorra el país hacia el S., partiendo de la ciudad de México, ya sea por Toluca, Tenancingo y Zacualpan, ya por Puebla, Tehuacán y Oaxaca, bien por Puebla, Tepeji y Acatlán, ó por Cuernavaca, Jojutla é Iguala, ó por Toluca, Temascaltepec, Tejupilco y Coyuca, y finalmente, por Morelia, Tacámbaro y Balsas, y por Maravatío, Zitácuaro y Coyuca, encontrará siempre valles secundarios, más ó menos importantes, y de pendientes relativamente suaves, que lo lleven al valle principal del Balsas, y en el caso del valle de Tehuacán, á otro sistema hidrográfico. Entre estos valles y depresiones levántanse montañas cuya importancia relativa es diferente, pero en las cuales tanto la altura absoluta como la relativa van disminuyendo generalmente de una manera gradual; nada hay que indique la presencia manifiesta de una vertiente general de la Mesa Central mexicana. Los elementos orográficos se continúan y se multiplican más y más á medida que se camina hacia el S. y su proximidad y número hacen casi imposible, aun para el ojo bien ejercitado, distinguir á primera vista líneas dominantes de orientación en estos elementos orográficos; y se llega solamente á tener el espectáculo de un terreno fragoso, cubierto totalmente por monta-

ñas, pues raras son las planicies y valles que pasan de 10 kilómetros de largo por 5 de ancho, y diríase que el conjunto remeda una mar agitada cuyo oleaje hubiese sido petrificado; tan numerosas y tupidas son las sierras que al S. de México se reunen. El límite meridional de la altiplanicie llamada Mesa Central mexicana es una línea sinuosa á tramos, constituída por eminencias montañosas, en su mayoría de origen volcánico y en partes formada por depresiones rellenadas por material de origen diverso, unas veces procedente de erupciones volcánicas, otras veces son depósitos sedimentarios cretáceos.

Cuando se trata de marcar el límite de una planicie que no termina en el borde de una cortadura, se buscan naturalmente las eminencias que la forman, un borde ó cerco y en cuyas faldas esta planicie va á morir, para fijar en ellas el límite, pero en la Meseta mexicana, hay casos como los citados antes, en que se puede continuar de esta gran planicie á otras más bajas, y esto, naturalmente, por medio de anchas brechas entre los elementos montañosos; y en estos casos el límite de la planicie es á la vez que muy difícil de trazar, muy complicado, pues que los valles secundarios y las planicies más bajas que se ligan con la elevada planicie llamada Mesa Central, se internan hacia el S., entre las montañas, como digitaciones ó ramificaciones alargadas, que decrecen gradualmente en altura. La Mesa Central se termina al S. por estas digitaciones ó subdivisiones en pequeños valles comprendidos entre las ramificaciones del gran sistema montañoso de México.

Nosotros consideramos la Mesa Central Mexicana como la vasta planicie que continúa á la comprendida entre las montañas Rocallosas y la Sierra Nevada y que en México se encuentra también limitada por dos serranías situadas al E. y W. respectivamente y la cual viene á morir al S. en el Valle de Toluca. Esta planicie no tiene forma regular, si bien tiende á aproximarse á una forma triangular, haciendo abstracción de un ligero ensanchamiento oblicuo al S.W. que le daría la forma cuadrangular; se eleva gradualmente hacia el S. y tiene además una inclinación general al N.E., se subdivide en llanadas numerosas separadas por sierras de más ó menos extensión y cada una de estas llanuras comprende una ó varias cuencas de 2º y 3er. orden, pertenecientes á diferentes sistemas fluviales; lleva en su porción septentrional varias depresiones, siendo la principal la de la laguna del Tlahualilo entre los Estados de Durango, Coahuila y Chihuahua, que es, pudiéramos decír, una depresión continental. Los bordes montañosos que limitan la Mesa Central al E. y al W. no son barreras continuas que merezcan el nombre de cordilleras, y si bien orográficamente existe continuidad entre sus elementos, se deben considerar como cadenas de montañas que están formadas de varias sierras ó eslabones más ó menos paralelos; y los ríos que hacen el drenaje de la mesa, se precipitan á los dos océanos por valles estrechos y cortaduras que interrumpen la barrera montañosa y permiten la comunicación de la altiplanicie central con las llanuras de las costas.

2. El borde oriental de la Mesa Central lo forma

la Sierra Madre Oriental, en la cual no se presenta manifestación alguna de la existencia de una fractura tan importante que, según los Sres. Felix y Lenk, pueda seguirse por cosa de 1000 kilómetros. Puede seguirse efectivamente por este trayecto y algo más la Sierra Madre Oriental que forma el límite de la Mesa; y la Sierra Madre Oriental en sus dos vertientes se halla formada en su mayor parte de rocas sedimentarias plegadas, dislocadas, onduladas y fracturadas con fracturas numerosas de dirección media bastante constante, pero todas ellas de poca extensión longitudinal. Es, pues, la Sierra Madre Oriental en toda su extensión una zona de fracturamiento, plegamiento y dislocaciones, que corre próximamente de N.W.–S.E. pero que, á pesar de esta dirección general, tiene tramos en los cuales los eslabones que la forman no conservan aisladamente la dirección general, sino que se apartan de ella, lo bastante á veces, para seguir estos eslabones un curso casi perpendicular al general, como en el tramo de Tehuacán que con tanto acierto citan los Sres. Felix y Lenk. Las fracturas de esta zona son pequeñas y muy numerosas, y presentan bastante variedad en cuanto á su inclinación ó echado, así como también respecto á su profundidad y á los movimientos verticales verificados á favor de ellas; son la resultante de esfuerzos de presión lateral, y unas veces se presentan en la cresta de los pliegues y otras en sus flancos á diferentes alturas; en el caso de rocas muy resistentes y en bancos gruesos las fracturas parecen ser más frecuentes y de mayor importancia. La vertiente oriental de la

Mesa Central no es una vertiente simple ó de descenso más ó menos abrupto según un plano que empieza en el borde de la mesa y termina en la playa del Golfo, sino que está formada por contra-fuertes, ó por sierras más ó menos paralelas, cuya altura absoluta va decreciendo rápidamente hasta llegar á la zona de las tierras bajas de la costa. Esto permite reconocer el estado de plegamiento, fracturamiento y dislocación de las rocas sedimentarias á diferentes niveles, por ejemplo desde 600^m hasta más de 2500^m sobre el nivel del mar.

El Golfo de México no corresponde á la región de hundimiento verificado á lo largo de la gran fractura oriental como dicen los Sres. Felix y Lenk, pues no existe tal fractura, ni los estratos de las formaciones terciarias y cuaternarias, limítrofes del Golfo, presentan fenómenos de fracturamiento, en relación con este gran hundimiento á lo largo de la supuesta fractura oriental.

3.—Acabamos de ver que la pendiente del lado atlántico no es el resultado de una fractura longitudinal, veamos ahora si se encuentran en la vertiente S. los efectos de una dislocación transversal. Si como creen los Sres. Felix y Lenk ha habido una dislocación transversal en la vertiente S. de la Mesa Central, esta dislocación que, según ellos, ha hecho deslizar hacia abajo el block meridional unos 1000^m, conservándose en su nivel el block septentrional, ó quizá moviéndose éste hacia arriba, deberíamos encontrar en la topografía del suelo á uno y otro lado de esta supuesta fractura transversal, diferencias absolutas de

altitud orientadas según las líneas de fractura, si no iguales, á lo menos derivadas de la diferencia primitiva, según las condiciones del terreno, es decir, que éste se halle compuesto de rocas de diversa resistencia á la erosión, y en situaciones que sean más ó menos favorables por cuestión de pendiente á la destrucción ó desgaste de las rocas que le constituyen. Topográficamente no se encuentran en el relieve de la región meridional de México, al S. del río Balsas, comparado con el del block septentrional, diferencias de altitud que estén de acuerdo con la suposición del resbalamiento ó deslizamiento del block meridional; se entiende que estas diferencias se deben buscar sobre las mismas formaciones de uno á otro lado del río, y siempre que las dos se hallen en las mismas condiciones para el desgaste por erosión. Esta objeción podría contestarse diciendo, que desde la época en que se formó la grieta transversal hasta nuestros días, las irregularidades topográficas han podido ser destruídas por la erosión, pero al ocuparnos de la constitución geológica de la región demostraremos que las cosas no han pasado así.

El estrecho valle del Balsas es un valle de erosión y no de fractura, que las aguas al descender del valle de Puebla y las de la vertiente meridional del Nevado de Toluca ahondan más y más. En el fondo de este valle vense pasar las rocas del lado N. al S. y cuando éstas se presentan en capas ya sean de brechas y tobas volcánicas ó bien rocas sedimentarias cretáceas: calizas, pizarras, margas y areniscas, se ve claramente que los niveles de estas capas se corresponden en

las dos vertientes del valle. No se descubre movimiento vertical de descenso ó ascenso en ninguna de las vertientes; en los lugares en que el río corta la formación cretácea, como por ejemplo en el paso del Mezcala frente al pueblo del mismo nombre, se ven en el fondo los estratos de caliza continuarse con rumbo perpendicular ú oblicuo al del río, según la dirección que éste toma al formar sus meandros.

La estructura general geológica de la Mesa Central, que es también la estructura geológica de todo el país, es la sobreposición de rocas, que alcanzan extensión superficial y vertical variadas, pero que se hallan siempre sobrepuestas en el mismo orden, á saber: pizarras micáceas y phyllades que forman el basamento y cuya edad no podemos precisar todavía, pues muchas de ellas son pizarras metamórficas, en las cuales se encuentran impresiones fósiles del Mesozoico; encima, y cubriendo á las rocas anteriores en casi toda la extensión del país, pizarras, margas y calizas, las primeras acompañadas de areniscas margosas que representan juntas probablemente todo el Jurásico, pues en las pizarras más profundas se encuentran Arietites del Lías y en las areniscas y pizarras superiores fósiles del Jurásico Superior; calizas, margas y areniscas que corresponden á todo el sistema Cretáceo, y encima de éste, por tramos localizados y agrupados de manera más compacta en la parte central y occidental del país, rocas eruptivas terciarias de diferentes tipos, que pertenecen á períodos de erupción diferentes, y las cuales comienzan con las dioritas andesíticas del Eoceno, pasan por las an-

desitas de hornblenda del Mioceno y las andesitas de piroxena del Mioceno Superior al Plioceno, continúan por las rhyolitas pliocénicas y terminan por intermedio de las labradoritas en los basaltos pleistocénicos y recientes. Esta sucesión es verdadera en lo general, por lo que respecta á los tipos de rocas efusivas, pero muchos de estos tipos se encuentran en dos ó más épocas de erupción, así sucede por ejemplo con el basalto, que lo tenemcs pliocénico y pleistocénico y actual; la andesita de hiperstena que la hay pliocénica, pleistocénica y actual (Ceboruco), etc., etc. Una ojeada al Bosquejo Geológico de la República que publicamos en el Boletín del Instituto Geológico número 4, es suficiente para conocer la distribución y agrupamiento de las masas volcánicas. En el Bosquejo están reunidas todas con un solo color y esto facilita más la apreciación del curso que siguen en su distribución.

Tanto en la Mesa Central, en su porción meridional, como en la región que queda al S. del Balsas, por consiguiente más allá del borde meridional de la mesa, se descubren todas estas formaciones en condiciones de posición que están en contra de lo que dicen los Sres. Félix y Lenk. Así, las calizas cretáceas que, según ellos, deberían estar situadas á menor altura en el supuesto block meridional producido por la grieta transversal, se hallan en unos casos á niveles iguales y en otros á niveles muy semejantes que no presentan grandes diferencias con las de las calizas del block septentrional, y lo que es más curioso, el espesor ó potencia de las calizas cretáceas en el block meridional unas veces es menor y otras ma-

yor que el del block septentrional. Igual cosa acontece con las rocas eruptivas, y las brechas y tobas que las acompañan se continúan de uno y otro lado del borde de la mesa.

Como la fractura transversal, caso de existir, debe cortar á las calizas cretáceas, ya que forman el asiento de las rocas eruptivas, que ellos suponen haber salido á lo largo de las fracturas, la no existencia de una dislocación, que haya separado á los depósitos calizos cretáceos en dos zonas, de las cuales la meridional se haya hundido, sino que por el contrario los depósitos cretáceos plegados y dislocados se continúan desde la Mesa Central hasta los Estados de Oaxaca y Guerrero sin interrupción en unos casos y en otros cortados por erosión en tramos que se corresponden por su altitud á uno y otro lado de los valles de erosión, es una prueba evidente de la falta de fundamento de la hipótesis de la fractura. En el croquis que acompañamos se dan las acotaciones de los sedimentos cretáceos á uno y otro lado de la hipotética fractura transversal.

4.—La cadena de montañas arcaica que recorre paralelamente á la costa los Estados de Guerrero, Oaxaca, Michoacán y Colima no tiene, en mi concepto, autonomía geográfica, y si bien es cierto que paralelamente á la costa se encuentran hoy los restos de una antigua cadena arcaica, ésta podrá quizá ser reconocible topográficamente en el S. de Guerrero y Oaxaca, que yo no he recorrido, aunque dudo de su continuidad orográfica, pero desde la porción central de Guerrero hasta Colima, sólo geológicamente, ligando

las manifestaciones de rocas arcaicas de la vertiente pacífica de la Sierra Madre, se puede reconstituir la cadena arcaica. Entre lo que los Sres. Félix y Lenk han designado con el nombre de Cordillera arcaica de la costa y la Mesa Central, se interpone lo que nosotros llamamos Sierra Madre, que está constituída por pizarras cristalinas, probablemente postarcaicas, pues están metamorfizadas las pizarras y no tenemos datos para determinar su edad todavía, rocas cretáceas abundantes y rocas eruptivas terciarias también muy abundantes; continuándose estas últimas lo mismo que las rocas cretáceas á través de la cuenca del Balsas con el borde S. de la Mesa Central.

5.—Los Sres. Félix y Lenk tienen mucha razón al declarar que el Barón A. de Humboldt, á principios del siglo, reconocía la existencia de la fractura transversal, considerándola como una grieta de acción volcánica, sobre cuya grieta consideraba él situados los volcanes principales de México.

Para los Sres. Félix y Lenk el borde meridional de la Mesa Central es la manifestación de esta fractura, y no aceptan, como Humboldt y los autores que secundan su opinión, que los principales volcanes determinan el rumbo de la fractura transversal. Además, ellos consideran como punto esencial en la tectónica de la Mesa Central, en la porción meridional, la suposición de esta fractura transversal; y como prueba de la existencia de esta fractura citan la circunstancia de que los depósitos sedimentarios cuando no están cubiertos por masas eruptivas tienen en general el rumbo E. W., es decir, el rumbo de la su-

puesta fractura, así como plegamientos y dislocaciones, que acusan que la región que comprende el borde meridional de la mesa es una región sujeta á los grandes procedimientos orogénicos.

La observación que á este respecto hace el Prof. Heilprin y la cual hemos citado en los mismos términos en que lo hacen los Sres. Félix y Lenk es muy justa para la región que él recorrió y á la cual la aplica, y nosotros podemos asegurar que se extiende con la misma verdad y justicia á toda la región que según los Sres. Félix y Lenk recorre la fractura transversal, es decir, á lo largo de la cuenca del Balsas. En toda ella, como ya hemos dicho, las sierras pasan más allá del borde meridional de la mesa, conservando por todas partes sus caracteres generales de estructura, dirección y relaciones mutuas, como partes integrantes del relieve general del país.

La situación de los principales volcanes de México dentro de los paralelos 19° y 21° colocados casi en línea recta de E. á W. no podía pasar desapercibida á un observador tan sagaz como el sabio Barón de Humboldt; y de la posición de los volcanes indudablemente le vino la idea de la existencia de una fractura volcánica transversal. El ilustre Humboldt no recorrió el país, ni siquiera la zona en la cual suponía la existencia de la fractura, y así se explica que aceptara como verdadera la existencia de la fractura.

Después de él todos han seguido con más ó menos diferencias de detalle sus ideas, por ser muy notable la ordenación de los principales volcanes, y aun los Sres. Félix y Lank sólo eliminan de la disposición

en línea recta de los volcanes mexicanos al Pico de Orizaba.

En el bosquejo que acompaña este trabajo he marcado al S. del borde meridional de la mesa el rumbo y echado de las rocas sedimentarias cuando éstas se presentan dislocadas y el rumbo de los pliegues que estas rocas forman allí donde se encuentran plegadas. Se verá en él que no es exacto como asientan los Sres. Félix y Lenk que las rocas sedimentarias tienen el rumbo E. W, cuando se encuentran á descubierto, sino que el rumbo dominante, ya sea de los anticlinales y sinclinales, ya de las capas dislocadas es de N.W.-S.E; que también presentan el de N.E.-S.W.; así como el de E.-W.; el echado varía tanto como el rumbo y así: en unos casos los estratos son horizontales y en otros verticales, ó bien tienen las inclinaciones comprendidas entre estas dos posiciones. En el caso de pliegues, éstos son más ó menos abiertos ó comprimidos, y en su altura como en su longitud y proximidad presentan una gran diversidad, sucediendo otro tanto con su naturaleza.

En esta misma región existen fallas de importancia diversa, y cuyo origen también es diferente; siendo las fallas con rumbo N.W. y N.E. las más abundantes, si bien existen también fallas que corren casi de E. á W. Todas estas son fallas de corta extensión que alcanzan diferentes profundidades, y que en algunos lugares sólo han ocasionado ligeros movimientos verticales, que afectan á porciones bien reducidas de terreno.

No he encontrado sobre el terreno los efectos vio-

lentos de la fractura transversal, ni aun los del block septentrional, en el cual el despedazamiento ha motivado la formación de grietas secundarias numerosas que hayan servido como dicen Félix y Lenk para la salida de las masas volcánicas. La zona volcánica que según ellos, con modificaciones en su anchura recorre el borde meridional de la mesa, separando las rocas sedimentarias de la mesa de las de la parte hundida, es una zona que se extiende en la dirección N.W. ensanchándose justamente en la parte que recorre el Balsas y prolongándose por el S. por un tramo bastante grande.

En la carta que acompaña á su trabajo los Sres. Félix y Lenk trazan una línea sinuosa que marca el borde meridional de la Mesa Central, línea que se aproxima bastante al límite meridional de la mesa. Casi siguiendo la dirección media de esta línea sinuosa hay una línea recta que representa la fractura principal que une los volcanes: Popocatepetl, Ajusco, Nevado de Toluca, volcán de Pátzcuaro, Pico de Patamban y termina arriba del Cabo Corrientes. Las fracturas secundarias septentrionales son ocho: la extrema oriental que corre paralelamente al borde de la Mesa Central se extiende desde un punto al N. de Tehuacán, pasa por el Pico de Orizaba y termina adelante del Cofre de Perote; la extrema occidental es también paralela aproximadamente á un tramo del borde occidental de la Mesa, parte de un punto al W. de Mascota y termina en el Ceboruco; las grietas intermedias enumerándolas de E. á W.: la del Telapón é Ixtaccihuatl, la del W. de México (Sierra de las Cruces), la del W. de

Toluca, la del volcán de San Andrés, la del volcán de Zamora y la que pasa al W. de Guadalajara. Todas estas grietas como ellos dicen son casi perpendiculares á la grieta principal y en la intersección de ellas con la principal, como puntos en donde la volcanicidad ha alcanzado mayor intensidad, se encuentran los volcanes principales; fallando esta ley solamente en la intersección de la grieta del Pico de Orizaba con la grieta principal, en donde no hay volcán según ellos mismos dicen, y en donde las condiciones tectónicas no responden absolutamente á la existencia de una grieta transversal y sí á las de una grieta longitudinal que se desvía un poco al N.E. de la dirección N.W. que debería tener.

Llama desde luego la atención la regularidad de estas fracturas y esto hace sospechar luego su artificialidad. La agrupación en zonas de las masas volcánicas tal como ellos la presentan en el texto es tan arbitraria como la reunión por líneas en la carta de los volcanes mexicanos.

Desde luego se nota en esta carta que faltan muchos volcanes, que no se han tomado en cuenta para reconocer, siguiendo el procedimiento de los Sres. Félix y Lenk, el curso de las fracturas ó grietas que les han dado salida. Por esta sola razón habría motivo para juzgar arbitrarias las líneas que ligan á las masas volcánicas. Si hubieran incluído todos los volcanes, quizá hubieran sido más afortunados al enlazarlos y las líneas que los unieran se verían á la vez que más continuadas, aparentemente menos arbitrarias, y de existencia más probable.

Podían los autores haber ligado por otra fractura transversal, casi paralela á la que ellos aceptan, los siguientes volcanes: Pico de Orizaba, Malinche, Telapón, volcán de Zamora y Ceboruco. Esta línea tocaria además de los volcanes mencionados, otros bastante importantes y competiría así con la fractura que ellos trazan por el borde S. de la Mesa. En la carta que acompaña á este trabajo, que contiene la mayoría de los volcanes mexicanos, damos algunas de las muchas combinaciones que pueden hacerse uniendo de diversas maneras los volcanes, combinaciones que responderían á otras tantas fracturas hipotéticas.

Por más esfuerzos que hago, no puedo comprender cuál ha sido el fundamento para estas agrupaciones de los volcanes siguiendo líneas rectas de gran extensión. No ha sido la presencia de cráter en el volcán lo que ha servido para reunirlos, pues el Pico de Patambán carece ya de él y en el Ajusco apenas es reconocible una parte del labio del cráter; esto en la fractura principal, y en las secundarias, tenemos: el Cofre de Perote y Pico de Orizaba en igual caso, el primero ha perdido ya su aparato crateriforme, es un volcán antiguo, y el Pico de Orizaba es un volcán recientemente extinguido; el volcán de San Andrés ha sido unido por una grieta secundaria á la principal, y la Malinche la han dejado aislada, no obstante que podía haber sido unida como el volcán de San Andrés por una grieta secundaria que resultaría casi normal á la principal; Tlamacas (este es probablemente un error), Telapón, Ixtaccihuatl, forman una sierrita llamada Sierra Nevada y se ligan geológica, to-

pográfica y genéticamente con el Popocatepetl; la grieta que se une en el Ajusco, no reune volcanes con aparato crateriforme; las grietas del Nevado y del volcán de Zamora y Pico de Patambán están en el mismo caso; la del W. de Guadalajara también reune conos volcánicos sin cráter, y si acaso pasa por los volcanes de Colima; y la del Carbonero une la Bufa de Mascota que no tiene cráter. No es la naturaleza de la roca eruptiva (lava), lo que ha servido de base para reunir los volcanes en el diagrama de los Sres. Félix y Lenk, porque vemos, por ejemplo, unir la rhyolita de la Bufa de Mascota con la andesita de hiperstena del Ceboruco; la andesita del Cofre con el basalto del Pico de Orizaba, las traqüiandesitas de hornblenda del Ajusco con las andesitas de hiperstena del Popocatepeltl, etc., etc. Parece que la altura de los conos volcánicos, ha sido como en el caso de Humbolt, lo único que ha servido para trazar sobre la carta las grietas volcánicas, solamente que el Pico de Orizaba ha sido eliminado de la grieta principal, por las razones que exponen los autores en su trabajo, quedando como una objeción á la ley que establecen, de que la intensidad volcánica es mayor en los puntos en que se cortan la grieta principal y las secundarias; y, justamente, en el caso en que deberíamos tener la comprobación más brillante, por ser el Pico de Orizaba no solamente el volcán más alto de México, sino de toda la América del Norte, queda colocado á la mitad de la longitud de la grieta secundaria extrema oriental.

Si se hubiesen preocupado los Sres. Félix y Lenk

de reunir por medio de líneas los conos y manifestaciones volcánicas contiguas, habrían llegado á un agrupamiento diferente, menos regular, pero verdadero desde el punto de vista genético y topográfico.

Con los datos hasta hoy adquiridos, relativos á la Meseta Central mexicana por lo que respecta á su forma, estructura, dimensiones, situación y constitución, creo estar autorizado para considerarla como una región en la cual alternan montañas, unas veces de origen eruptivo, y otras, verdaderas zonas de plegamiento más ó menos intenso, y por consiguiente, de engruesamiento de la costra terrestre por accumulación del material plegado, alcanzando una mayor elevación, con otras zonas de plegamiento muy débil relativamente y aun en algunos casos no plegadas, y por consiguiente de menor altura, las cuales se estrechan gradual ó bruscamente hacia el S.

La Mesa Central ha sido formada y definida por los movimientos orogénicos de nuestro país, que han acompañado á los movimientos epeirogénicos de la América del Norte, y puede decirse que es la resultante de los dos movimientos mencionados, combinados en el espacio y continuados en el tiempo; es, pues, la resultante de movimientos continentales ó verticales de importancia general, combinados con movimientos tangenciales ú horizontales, orogénicos, de importancia local.

Estos movimientos, á juzgar por los depósitos cretáceos que se encuentran en toda la Mesa Central, parecen haberse iniciado á fines del Cretáceo, y los sedimentos que cubrían toda la superficie de la actual

Mesa Central, eran levantados, rotos y plegados de manera más ó menos apretada, alcanzando así alturas diferentes, formando pliegues paralelos más ó menos complicados, produciéndose en ellos fracturas, fallas é inversiones que afectaban regiones relativamente pequeñas. Como los estratos cretáceos no eran homogéneos en su composición petrográfica en toda su extensión, y su plasticidad, rigidez y resistencia, eran diferentes en distintos puntos de su masa, de aquí que las partes superficiales más resistentes fueran levantadas sin plegamiento sensible hasta llegar al límite de resistencia, en cuyo momento se fracturaban, verificándose entonces descensos ó deslizamientos de unos blocks con respecto á otros; mientras que aquellas partes menos rígidas, menos coherentes y más plásticas, cediendo al esfuerzo lateral de compresión, se levantaban plegándose, formando pliegues de diversa abertura, hasta llegar al fracturamiento en sus crestas en unos casos, ó al estrangulamiento en su base en otros, produciéndose así pliegues agudos, abovedados y en abanicos más ó menos típicos.

Estos movimientos de compresión lateral se sucedían en serie no interrumpida á lo largo de todo el territorio, teniendo como zona resistente la *cordillera arcaica* de que hablan los Sres. Felix y Lenck, que entonces debió ser más bien definida, más continua y de mayor elevación. Paralelamente á esta serranía y, por consiguiente, con dirección aproximada á la N.W.–S.E., se levantaron el primero ó primeros grandes anticlinales, separados por sinclinales más ó menos amplios, constituyéndose así los primeros eslabo-

nes ó sierras, al lado de los cuales y con un paralelismo no riguroso, venían á formarse á consecuencia de los movimientos de compresión laterales no interrumpidos, ejercidos contra los pliegues ya formados que fungían de zonas resistentes, nuevos anticlinales con sus depresiones sinclinales, y así, de tiempo en tiempo, hasta mediados del Terciario, ó quizá con más exactitud hasta principios del Plioceno, continuaron de Occidente á Oriente formándose las serranías, sierras y sierritas de plegamiento, que por circunstancias especiales de las condiciones de resistencia, estructura y elasticidad de sus rocas, mayor ó menor complicación en su plegamiento, mayor ó menor altura, eran el sitio de fracturas y fallas de importancia variada, según la diversidad de condiciones físicas de los estratos y de la naturaleza de sus rocas constitutivas; así como por todas estas mismas razones y por la dicotomización tan frecuente en los pliegues, así como por la resistencia á la propagación de los pliegues, la orientación de todos estos elementos orográficos oscilaba de la dominante N.W.–S.E. á la menos frecuente N.E.–S.W. En conjunto, el levantamiento de la Mesa, se puede comparar á una gran bóveda, en la cual á la línea curva continua se sustituyan ondulaciones ó arcos situados unos al lado de los otros, que se prestan mutuo apoyo; son bastante aproximados en los flancos de la gran bóveda, llevando allí mayor número de fallas, fracturas y ondulaciones, y más apartados en la cima de la bóveda.

En esta especie de gran pliegue compuesto de plie-

gues secundarios dispuestos bajo la forma de una gran bóveda, las regiones de los flancos, especialmente las que representan los riñones de la bóveda y corresponden á las dos vertientes océanicas, es en donde los esfuerzos son mayores que en la cima de la bóveda, y en cada arco en particular la carga sobre sus flancos es mayor, á causa, naturalmente, de los esfuerzos transmitidos. Como consecuencia de esta sobrecarga en estas porciones de los arcos, éstos se fracturaron en esa parte y hubo deslizamientos en el sentido de los planos de fractura y se formaron generalmente fracturas y fallas dispuestas en escalera Además de los esfuerzos de compresión había porciones de algunos arcos que estuvieron sujetas por tiempo más ó menos largo á un esfuerzo de tensión.

El volcanismo como fenómeno consiguiente, es decir, que sigue á los movimientos epeirogénicos y orogénicos, hace su manifestación á favor de las aberturas y grietas producidas por estos movimientos y en general en las regiones de movimientos de la costra terrestre, y aun se presume que los volcanes activos se hallan situados á lo largo de zonas de afallamiento ó de fracturamiento, que siendo las que presentan menor resistencia á la salida de las rocas fundidas, son, por consiguiente, en las que las manifestaciones de la volcaneidad tienen mayor probabilidad de presentarse. En la Mesa Central Mexicana las zonas de plegamiento más intenso, que son las zonas de menor resistencia, son en las que el volcanismo ha hecho sus manifestaciones ya por la formación de conos volcánicos ya por la emisión de rocas ígneas por grie-

tas en lugar de cráteres. Convergiendo estás zonas montañosas hacia el S. de la Mesa, en ella y en su porción S. alcanzando éstas su mayor altura, es allí donde las emisiones de masas volcánicas han alcanzado su máxima intensidad y en donde se encuentran naturalmente acumuladas en mayor número. Considerando así las manifestaciones del volcanismo, como consecuencia de los movimientos de compresión regionales y de los movimientos de tensión también regionales se comprende fácilmente que en México se hayan verificado con energía distinta las emisiones de rocas volcánicas en las zonas de las montañas á lo largo ó paralelamente á los anticlinales en sus crestas ó en sus flancos, unas veces en tramos de alguna extensión y otras de una manera aislada ó esporádica.

Derramando las rocas eruptivas sobre los sinclinales y partes bajas han rellenado las depresiones que presentaba á fines del Cretáceo y comienzos del Terciario la Mesa Central, y como los movimientos continuaron con intensidad diversa para distintas zonas, la topografía primitiva de la sierra ha sido obscurecida, acabando de borrarla los depósitos detríticos transportados por las aguas y los procedentes de las erupciones de material triturado. Por la diferente energía con que el volcanismo se manifestó en épocas y regiones diferentes, se pudieron cerrar por enfriamiento y acumulación de las rocas fluidas que escurrían por las laderas ó corrían por los sinclinales y depresiones, los valles primitivos, formándose así cuencas más ó menos vastas, y después las aguas corrientes

han venido á labrar su cauce siguiendo las líneas más fáciles de ataque y de aquí la diferencia en niveles de los valles de la Mesa sin necesidad de recurrir á fallas de saltos diferentes para explicar estas diferencias de nivel, así como la formación de cuencas cerradas tales como la impropiamente llamada Valle de México.

Extendiéndose el material volcánico siguiendo las líneas de menor resistencia de los anticlinales y sinclinales de las zonas de plegamiento que, como hemos dicho, se encuentran orientados entre los rumbos N.W.–S.E. y N.E.–S.W., es en esas direcciones, especialmente en la primera, por ser la dominante de las zonas de plegamiento donde deberían encontrarse las masas volcánicas desde el comienzo de las erupciones dioríticas que tenían lugar bajo la forma de diques y de pequeños macizos, pasando por las erupciones andesíticas que parecen haberse producido, en su mayoría, por chimeneas volcánicas y algunas también por fracturas pequeñas, después por las erupciones rhyolíticas que en su mayoría se han verificado por grietas más ó menos extensas y terminar por los basaltos que han hecho su aparición por chimeneas. En el bosquejo geológico de la República[1] están representadas todas estas rocas eruptivas por el color bermellón, y puede fácilmente verse que todas se hallan acumuladas en la parte occidental del país, extendiéndose de N.W. á S.E. con un ensanchamiento en la parte meridional de la Mesa Central, que por

1 Boletín del Inst. Geol. de México, núms. 4, 5 y 6.

ser la zona en donde se aproximan las principales sierras y se desprenden varias ramificaciones que recorren la Mesa, las manifestaciones volcánicas en todas ellas se hallan más contiguas, y de aquí la idea errónea de atribuir á una fractura transversal la aparición de los principales volcanes, que en nuestro concepto son grupos dependientes de distintos centros eruptivos pertenecientes á diferentes zonas de plegamiento.

México, Diciembre de 1898.


C.1
Sobre las condiciones tectonic
Stanford University Libraries
3 6105 032 215 126
MAR 3 0

